



REVUE GÉNÉRALE

Modes de transmission du SARS-CoV-2 : Que sait-on actuellement ?

Gabriel Birgand^{1,2*}, **Solen Kerneis**^{3,4},
Jean-Christophe Lucet^{3,4}

¹ Centre d'Appui à la Prévention des Infections Associées aux Soins (CPIas) des Pays de la Loire, Nantes

² NIHR Health Protection Research Unit in Healthcare Associated Infection and Antimicrobial Resistance at Imperial College London, Hammersmith Campus, Du Cane Road, London, UK

³ INSERM, IAME, UMR 1137, F-75018 Paris, France; Univ Paris Diderot, Sorbonne Paris Cité, F-75018 Paris, France

⁴ AP-HP, Hôpital Bichat – Claude Bernard, Equipe de prévention du risque infectieux, F-75018 Paris, France EOH, siège AP-HP, 75004 Paris

Reçu le 30 novembre 2020 ; accepté le 6 janvier 2021

Mis en ligne sur le site infectiologie.com le 22 janvier 2021

MOTS CLÉS

SARS-CoV-2 ;
COVID-19 ;
Épidémiologie ;
Transmission

Résumé

Des progrès remarquables ont été obtenus dans notre compréhension de la transmission du SARS-CoV-2 et la réduction de sa propagation. La prise en compte du risque majeur des formes asymptomatiques par des mesures de prévention universelles (ex : port du masque) est une de ces avancées. Les données épidémiologiques (taux d'attaque et de reproduction initial ou R_0) ainsi que l'accumulation de données en contexte clinique (contamination de l'air à l'hôpital) suggèrent une similitude de transmission du SARS-CoV-2 avec celle des autres virus respiratoires comme la grippe. A savoir un mode de transmission principal direct de personne à personne à courte distance par les gouttelettes. La transmission aéroportée par les aérosols est possible mais ne semble se produire que dans des circonstances particulières dites « opportunistes ». Notamment lors de procédures médicales sur la sphère respiratoire de patients infectés. La contamination des surfaces autour de patients atteints de COVID-19 par du virus viable font de la transmission indirecte un mode possible. L'hygiène des mains est plus que jamais une arme de prévention indispensable dans le contexte de la COVID-19.

*Auteur correspondant.

Adresse e-mail : gabriel.birgand@chu-nantes.fr

Introduction

La pandémie de COVID-19, causée par le virus SARS-CoV-2 a surpris par sa rapidité de diffusion à l'échelle mondiale (1) La découverte de ce virus a conduit à une production massive de publications scientifiques, d'abord venant de Chine et des pays limitrophes, et maintenant d'Europe et des États-Unis.(2)

Comme pour chaque nouvel agent infectieux, nous nous interrogeons sur la dose de virus nécessaire pour provoquer une infection, et son épidémiologie (réservoir, mode de transmission, hôte et site récepteur) qui déterminent les mesures de prévention individuelles et collectives les plus adaptées. Nous nous appuyons aussi sur les données connues concernant les virus proches du virus émergent (SARS-CoV-1 agent du SRAS, MERS-CoV et virus grippaux). La dissémination mondiale de cet agent infectieux, se présentant parfois sous des formes très sévères, entraîne des angoisses et des peurs qui peuvent conduire à des attitudes irrationnelles. Dans le cadre de la COVID-19, comme auparavant lors du SRAS en 2003, du MERS en 2012-2013 ou des fièvres hémorragiques virales de type maladie d'Ebola en 2014, des interrogations scientifiques surgissent.

Le mode de transmission du SARS-CoV-2 peut être de quatre ordres. Trois d'entre eux sont des modes de transmission directs de personne à personne : (i) par des gouttelettes et/ou (ii) des aérosols émis par une personne infectée et (iii) par contact direct (ex : manuportage). Le dernier mode de transmission est indirect par contact avec une surface inerte contaminée (ou fomites). La part respective de chaque mode de transmission du SARS-CoV-2 n'est pas connue, et a généré une controverse. Scinder la transmission des infections respiratoires en mode gouttelettes pour les particules de plus de 10 µm versus aéroporté pour les particules de moins de 5 µm est simpliste. Dans certaines circonstances, des aérosols peuvent être produits par des individus infectés, et voyager au-delà de la distance communément admise de 6 pieds (environ 2 mètres) et contaminer des surfaces bien au-delà. Mais les circonstances déterminant l'un ou l'autre mode de transmission sont multiples. Elles impliquent l'hôte infecté, l'individu susceptible d'être infecté, leurs comportements respectifs et les conditions environnementales dans lequel tous deux évoluent.

A travers cet article, nous présentons les connaissances actuelles concernant le mode de transmission de la COVID-19, en le mettant en perspective des autres infections respiratoires aiguës, avec un focus tout particulier sur les données en établissements de soins.

Rappels sur la chaîne de transmission « classique » des infections respiratoires virales pour mieux comprendre celle de la COVID-19

La transmission des infections respiratoires nécessite plusieurs étapes successives.(3) Tout d'abord la présence d'un virus au niveau d'un « réservoir », en l'occurrence un individu infecté. Une personne qui parle, qui tousse, qui crache, ou qui éternue émet des sécrétions respiratoires dans l'air, sous forme de gouttelettes de différentes tailles. Les plus grosses sédimentent immédiatement après l'émission. Les plus petites se déshydratent très rapidement pour former des droplet nuclei qui vont rester

en suspension dans l'air, sous forme d'un aérosol. En cas d'infection respiratoire, ces sécrétions peuvent contenir des microorganismes comme des virus. Selon le microorganisme, le mode de transmission au sujet réceptif peut être soit par contact des muqueuses (nasale, buccale, conjonctivale) avec les grosses gouttelettes, soit par inhalation des droplet nuclei. Les précautions à prendre dépendront de ce mode de transmission. De manière indirecte, les mains du sujet réceptif peuvent se contaminer au contact de sécrétions ORL du patient ou d'une surface (table, jouets...) puis portées au visage (nous touchons notre bouche, nez ou yeux en moyenne 16 fois par heure).(4) Enfin, des conditions favorables à l'infection chez un individu récepteur, permettront la multiplication du virus chez l'hôte, et l'apparition des symptômes secondaires à l'infection.

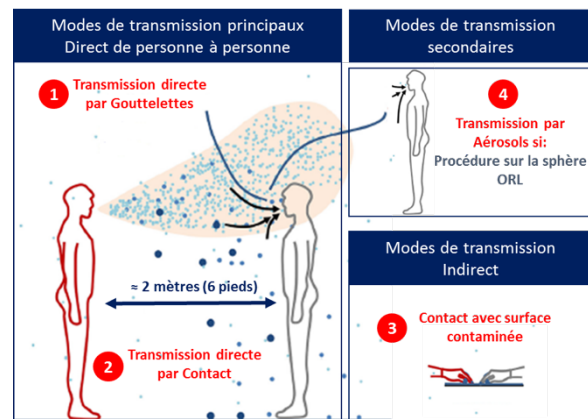


Figure 1. Représentation schématique des différents mode de transmission du SARS-CoV-2

Des données épidémiologiques pour mieux comprendre le mode de transmission de la COVID-19

Des taux d'attaque et de reproduction initial proches de ceux des virus respiratoires habituels.

Les paramètres épidémiologiques tels que les taux d'attaque et les taux de reproduction initial ou R_0 permettent d'appréhender les modes de transmission des agents infectieux. Pour le SARS-CoV-2, la méta-analyse de plusieurs publications montre que le taux d'attaque secondaire dans une famille est de 18,8% (Intervalle de Confiance à 95% (IC95%) : 15,4%-22,2%).(5) Ces taux varient en fonction des études et de la définition du cas contact utilisée. En France, l'étude de 6028 contacts (face à face > 15min à une distance inférieure à 1m avec un cas confirmé) estimait à 4,1% (IC95% : 3,6-4,6) le taux d'attaque secondaire.(6) La valeur du R_0 d'un agent infectieux représente, au sein d'une population entièrement susceptible, le nombre de personnes susceptibles qui seront infectées par une personne source. Le R_0 du COVID-19 est estimé autour de 2,5 (IC95% : 1,8-3,6).(7•) Le R_0 des infections à transmission aérienne, varicelle et rougeole, est respectivement de 10-12 et de 15-18, avec un taux d'attaque supérieur à 85% dans une maisonnée, alors que celui de la Grippe H1N1 2009 était de 1,5, celui du MERS-CoV de 0,9, et de 2,0-3,0 pour le SARS-CoV-1 et la grippe espagnole de 1918. (8) Ces deux paramètres épidémiologiques suggèrent une similitude de transmission du SARS-CoV-2 avec celle des autres virus respiratoires de type grippe, à savoir un mode de transmission principalement direct de personne à person-

-ne à personne par l'émission de gouttelettes à courte distance. (Fig. 1)

Les caractéristiques atypiques de la COVID-19

Deux caractéristiques épidémiologiques rendent la COVID-19 singulière en comparaison des autres virus respiratoires. Tout d'abord la transmission possible à partir d'individus asymptomatiques ou pré-symptomatiques. Des modélisations ont estimé que la moitié à 80% des infections ont été transmises par des personnes infectées pré-symptomatiques. (9) Les études de la charge virale suggèrent un potentiel de transmission similaire entre sujets symptomatiques et asymptomatiques au début de l'infection, mais une période plus courte d'infectiosité chez les patients asymptomatiques.(10●) Cette notion est cruciale dans l'élaboration de stratégies de tests et de maîtrise de la transmission de la COVID-19. Le nombre de transmissions secondaires générées à partir d'un cas index est très hétérogène : la plupart des cas index ne conduisent à aucune transmission et une petite minorité conduisent à de nombreuses transmissions en grappes ou clusters parfois appelés « événements de super-dissémination ». Ainsi, la modélisation spatio-temporelle de données de smartphones de 98 millions de personnes des plus grandes métropoles américaines a permis d'identifier qu'une minorité de personnes atteintes de COVID-19 étaient responsable d'une majorité de transmission et d'infections secondaires.(11) Les restaurants étaient estimés (devant les salles de sport) comme les lieux ayant le plus grand impact sur la transmission, en raison du grand nombre de restaurants, de leurs densités de visites élevées, et du temps passé par personne. Les événements de super-dissémination les plus connus sont ceux apparus dans des centres d'appel téléphonique, bars ou boîtes de nuits, églises, mariages, chorales et camps de vacances.(12) Ils présentaient tous la particularité de survenir autour d'un cas index jeune sans masque, asymptomatique, en intérieur, avec la présence de nombreuses personnes à proximité et une émission respiratoire importante à courte distance.

Quelles preuves sur l'émission d'aérosols et la transmission aéroportée ?

Déterminer la part prise par les aérosols dans la transmission du SARS-CoV-2 a des implications importantes pour bâtir la stratégie de prévention et définir les équipements de protection.

La transmission par production d'aérosols : l'approche expérimentale.

Les données expérimentales soutiennent la possibilité que le SARSCoV-2 puisse être transmis par des aérosols. Une première étude a comparé la survie dans l'air et sur les surfaces du SARS-CoV-1 et du SARS-CoV-2 (3) et sur les dix conditions expérimentales dans des environnements variés. Pour évaluer la contamination aérienne, des aérosols de moins de 5 µm contenant chacun un des deux virus en forte concentration ont été générés dans une enceinte de 40 L avec une rotation continue permettant de garder les aérosols en suspension. L'aérosol ainsi produit restait contaminant pendant 3 heures avec une réduction d'environ 90% de la présence de virus viable dans l'air et sans différence entre SARS-CoV-1 et SARS-CoV-2.(13)

L'aérosolisation expérimentale de SARS-CoV-2 a permis d'estimer la persistance du virus jusqu'à 16h dans l'air.(14) Une analyse basée sur des travaux expérimentaux montrait que les éternuements et la toux génèrent non seulement des gouttelettes muco-salivaires, mais également un gaz turbulent avec une composition volatile pouvant s'étendre sur 7 à 8 m.(15) L'atmosphère humide et chaude du nuage de gaz turbulent généré lors de la toux ou de l'éternuement permet aux gouttelettes d'éviter l'évaporation et d'allonger leur durée de vie d'un facteur 1000, soit d'une fraction de seconde à quelques minutes. Ces éléments relevant du domaine de la physique, en faveur de la transmission aéroportée, ont été relayés dans une lettre d'alerte en Juillet 2020.(16) En octobre 2020, les CDC indiquaient qu'il existait de plus en plus d'éléments en faveur d'une transmission aéroportée du virus dans certaines circonstances. La force d'émission, la ventilation, la durée d'exposition, la distance, le nombre de personnes présentes et les conditions atmosphériques sont autant de facteurs venant moduler le risque de transmission par aérosols.(17●) Les CDC ont clairement indiqué que la plupart des infections à COVID-19 se propagent par contact étroit, et que la transmission aéroportée par les aérosols n'était pas la principale voie de transmission.

La transmission par production d'aérosols : la vision clinique.

Les procédures génératrices d'aérosols (PGA) sont généralement définies comme toute procédure médicale et de soins aux patients qui entraîne la production de particules en suspension dans l'air (aérosols) d'une taille de 5 microns (µm) qui peuvent rester en suspension dans l'air, voyager sur une distance et provoquer une infection si elles sont inhalées.(18) Les connaissances actuelles sur les PGA, et leur capacité à transmettre plus largement les agents infectieux sont faibles. Cette notion de PGA a été décrite lors de la pandémie H1N1, et des épidémies de SARS-CoV-1, MERS-CoV et Ebola. Malgré cela, les connaissances acquises sur le SARS-CoV-1 ont mis en évidence une transmission majoritairement assurée par des grosses gouttelettes. Des travaux chinois ont montré qu'un placement des lits des patients à plus d'1,50 m les uns des autres dans une salle commune était un facteur fortement associé à l'absence de transmission du virus.(19) L'évaluation de l'OMS de 2014, la plus récente avant la COVID-19, indiquait qu'il y avait des preuves de l'augmentation du risque de transmission des infections respiratoires sous forme d'aérosols lors des procédures suivantes : intubation trachéale (Odds-ratio (OR) : 6,6, IC95% : 2,3–18,9), procédure de trachéotomie (OR : 4,2, IC95% : 1,5–11,5), ventilation non invasive (OR : 3,1, IC 95% : 1,4–6,8) et ventilation manuelle avant l'intubation (OR : 2,8, IC95% : 1,3–6,4). (20) Cette évaluation nécessite une interprétation prudente car elle était basée sur une revue systématique d'un faible nombre d'études de qualité limitée. Le risque de transmission chez des patients requérant des soins multiples ne permet pas d'estimer la part attribuable des aérosols parmi l'ensemble des autres modes possibles (ex : contact et gouttelettes). Par ailleurs, le risque d'infection chez les soignants est décrit comme étant plus faible dans les unités entraînées (réanimation, urgences) que dans les unités de soins standards.(21) Deux simulations d'intubation endotrachéale à l'aide d'un marqueur fluorescent ont été menées pour visualiser le dépôt de sécrétions sur les surfaces corporelles de mannequins adultes et pédiatriques sur le personnel de santé effectuant le geste et portant masque FFP2, lunettes

Pays, organismes	Procédures génératrices d'aérosols
France, Haut Conseil de la Santé Publique	Intubation / extubation (dont masque laryngé) ; Ventilation mécanique avec circuit expiratoire « ouvert » ; Ventilation mécanique non invasive (VNI) ; Aspiration endotrachéale (hors système clos) ; Fibroscope bronchique ; Kinésithérapie respiratoire générant des aérosols (ex. kinésithérapie respiratoire pour désencombrement et expectoration induite) ; Aérosolthérapie ; Prélèvement nasopharyngé ; Explorations fonctionnelles respiratoires ; Autopsie ; Soins de chirurgie dentaire.
France, Société de Réanimation de langue Française SRLF	Ventilation artificielle; Oxygénation haut débit (> 6L/min)
Royaume Unis, Public Health England	Intubation, extubation et procédures associées comme na ventilation manuelle ou aspirations hors système clos; Trachéotomie/trachéostomie (insertion/ouverture de système clos/retrait), Bronchoscopie; Chirurgie et autopsie impliquant des instruments à haute vitesse; Quelques procédures dentaires (comme instruments à tête rotative à haute vitesse) Ventilation non invasive comme BiPAP et CPAP; High-Frequency Oscillating Ventilation (HFOV); HFNO aussi appelé High Flow Nasal Cannula; Induction de crachats
Monde, OMS	Intubation trachéale, ventilation manuelle avant intubation, massage cardiopulmonaire; Trachéotomie; Bronchoscopie; Ventilation non invasive
Europe, ECDC	Intubation trachéale, aspirations bronchiques; Bronchoscopie; Induction de crachats
Etats-Unis, CDC (Covid-19)	Aspiration sur voie respiratoire ouvertes; Induction de crachats; Commentaire: Certaines procédures effectuées sur des patients atteints d'un COVID-19 connu ou suspecté pourraient générer des aérosols infectieux. En particulier, les procédures susceptibles de provoquer une toux (p. Ex., Induction de crachats, aspiration ouverte des voies respiratoires) doivent être effectuées avec prudence et évitées si possible.
Allemagne, RKI	Intubation; Bronchoscopies; Procédures dentaires comportant un risqué de transmission aéroportée
Allemagne, Germany DGKH	Intubation trachéale Trachéotomie Ventilation on invasive, ventilation manuelle avant intubation ou bronchoscopie Autres: massage cardiopulmonaire

Tableau 1. Description des procédures génératrices d'aérosols (PGA) à risque accru de transmission telles que listées dans les recommandations nationales et internationales.

de protection, surblouse, gants.(22) Des marqueurs fluorescents étaient retrouvés sur la peau du visage découverte, les cheveux, et les chaussures du personnel de santé effectuant les intubations. Les auteurs concluaient que l'ensemble des équipements de protection utilisés empêchait la contamination des muqueuses du mannequin, mais pas de certaines parties découvertes comme la peau. Mais sans risque de contamination si les règles d'hygiène des mains et de déshabillage étaient respectés. La production d'aérosols lors de l'oxygénation haut débit (>6L par minute) par canule nasale chez 4 volontaires sains n'a pas permis d'observer d'augmentation de l'aérosolisation dans les tailles de particules de 10 nm à 10000 nm.(23) Ces résultats sont cohérents avec les études en contexte clinique chez des patients de réanimation sous oxygène du fait d'une pneumopathie.(24) En l'absence de preuves

solides sur les PGA, certains pays ont décidé d'étendre la liste des actes à risque lors de la pandémie COVID-19, alors que d'autres ne l'ont pas modifiée.(25) (Tableau 1) Établir des preuves autour des PGA et du risque de transmission associé est nécessaire pour mieux orienter l'utilisation des équipements de protection.

La contamination de l'air à SARS-CoV-2 à l'hôpital

La contamination de l'air par le virus SARS-CoV-2 autour des patients infectés constitue un autre indicateur du mode de transmission de la COVID-19. Lors de l'analyse de la littérature, 24 études avaient étudié cette contamination totalisant 893 prélèvements d'air. Globalement, 17,4% (82/471) des prélèvements d'air effectués dans l'environnement proche des patients retrouvaient de l'ARN du SARS-CoV-2, avec une différence

significative selon le type de service (réanimation: 27/107, 25,2%; hors réanimation: 39/364, 10,7%; $p < 0,01$). (26●) Dans les autres zones de l'hôpital, le taux de positivité était de 23,8% (5/21) dans les toilettes des chambres de patients, 8,3% (20/242) dans les zones cliniques, 12,3% (15/122) dans les zones réservées au personnel et 33,3% (14/42) en zones d'accueil du public. Un total de 81 cultures virales ont été réalisées dans cinq études, et 7 (8,6%) étaient positives dans deux études, toutes issues de l'environnement proche des patients. Les concentrations médianes d'ARN du SARS-CoV-2 variaient de 1.10^3 copies par m^3 (intervalle interquartiles (IQR): $0,4.10^3$ - $3,1.10^3$) dans les zones de soins à distance des patients à $9,7.10^3$ (IQR : $5,1.10^3$ - $14,3.10^3$) dans l'air des toilettes ou des salles d'eau. Les données actuellement disponibles dans la littérature suggèrent que l'air proche et éloigné des patients COVID-19 est fréquemment contaminé par de l'ARN du SARS-CoV-2, avec cependant de rares preuves de viabilité virale. Les charges virales élevées trouvées dans les toilettes / salles de bain, le personnel et les couloirs publics suggèrent de considérer attentivement ces zones.

En Août 2020, en réponse à l'alerte des biophysiciens sur les aérosols, une correspondance signée par plusieurs centaines d'experts de la prévention et du contrôle de l'infection apportait une vision clinique à l'opposé des constats expérimentaux. (27●) Pour eux, aucun argument expérimental (16) ne pesait en faveur d'un changement des précautions gouttelettes et contacts recommandés jusqu'alors pour les soins de patients suspects ou atteints de COVID-19, et l'addition de précautions air lors de gestes générateurs d'aérosols. (28) Plusieurs études ont décrit, malgré la réalisation de gestes générant des aérosols importants, de faibles taux de transmission chez les soignants (ex : 3/121 soignants sans masque FFP2, et 0/41 lors de PGA).

La politique de prévention du risque infectieux doit être fondée sur des preuves scientifiques apportées par la physique, la biologie, l'épidémiologie. Les approches expérimentales sont complémentaires de l'approche clinique et les données du monde réel. Mais la prudence doit rester de mise pour ne pas tirer de conclusion prématurée, et générer de la confusion, une méfiance des professionnels de santé et du grand public.

La transmission directe par contact et modes de transmission indirects

La transmission par manuportage et la contamination de surfaces

Le SARS-CoV2 peut survivre sur une variété de surfaces inertes. La preuve actuelle de transmission indirecte est faible, comme en témoignent les taux d'attaque secondaires dans les foyers. Lors d'expériences de contamination des surfaces, une concentration toujours élevée de chacun des deux virus a été placée sur différentes surfaces (acier, plastique, cuivre, ...). Si du virus vivant a parfois été retrouvé au 3^{ème} jour, une réduction toujours supérieure à 90% de la quantité de virus vivants a été obtenue en moins de 24 h, quelle que soit la surface testée. (13)

Sur 6 études sur la contamination des surfaces par le SARS-CoV-2 (ARN et virus infectieux), l'ARN viral a été trouvé dans l'environnement de personnes atteintes de COVID-

19 dans 1,0 à 52,7% des échantillons. (29) Dans cinq de ces études, aucune souche de SARS-CoV-2 viable n'a été détectée.

Dans une étude, le virus viable était détecté dans 9,2% des échantillons. L'ARN de SARS-CoV-2 peut être trouvé sur des surfaces inanimées jusqu'à 28 jours après la sortie des patients atteints de COVID-19, ce qui montre l'inutilité de rechercher l'ARN sur les surfaces, sans s'intéresser à sa viabilité. Une valeur de Ct supérieure à 33 obtenue d'un échantillon de surface n'a probablement aucune pertinence épidémiologique. (29) Les résultats sont cohérents avec les données de laboratoire montrant pour SARS-CoV-2 que les valeurs Ct de 29,3 (acier) ou 29,5 (plastique) peuvent être associés à la détection du virus cultivable, alors que le virus n'est pas cultivable avec des valeurs Ct de 32,5 (acier) ou 32,7 (plastique). Lors d'une étude récente, de l'ARN de SARS-CoV-2 était retrouvé dans 13/28 prélèvements de surface de chambres de patients atteints de COVID-19 intubés/ventilés. (30) Du virus viable sur culture cellulaire était retrouvé sur l'extérieur de la sonde endotrachéale, le sol près du patient, les barres de lit, les draps, le masque de ventilation non invasive, la table de chevet et la télécommande.

La transmission par la conjonctive oculaire est considérée comme une voie possible de transmission du COVID-19 sur la base de rapports de cas et de détection de virus oculaire parmi les cas de conjonctivite. (31) Dans une méta-analyse, la protection oculaire a fourni une protection significative contre la COVID-19 (Risque relatif non ajusté: 0,34, IC95%: 0,22-0,52), suggérant que la transmission à travers la conjonctive est possible. (32) Ces données ont une double implication. Tout d'abord la nécessité de protection oculaire lors de la prise en charge de patients atteints de COVID-19 ou susceptibles de l'être. Par ailleurs, lors de l'analyse de vidéos enregistrées de plusieurs milliers de personnes, 4,1 à 12,1% des individus portaient leurs mains au visage lors des prises d'images. La fréquence de mains portées au visage parmi un panel d'étudiants en amphithéâtre était estimé à 16 par heure. (4,33)

La contamination possible des surfaces et le grand nombre de contact main-muqueuses met en évidence l'importance de l'observance de l'hygiène des mains et des règles de bionettoyage. L'hygiène des mains a été décrite comme étant significativement associée à une diminution des infections respiratoires aiguës, et notamment la grippe pandémique H1N1. (34) Une étude rétrospective a identifié une faible hygiène des mains comme associé à un sur-risque de COVID-19 chez les professionnels de santé. (35) Le mode de transmission direct par voie manuportée a donc été pris en compte par l'OMS qui a rappelé aux professionnels de santé l'intérêt de pratiquer une hygiène des mains appropriée pour la prévention des infections associées aux soins.

La transmission par voie oro-fécale

La voie oro-fécale a été discutée très tôt comme une voie de transmission possible de la COVID-19. Comme pour le SARS-CoV-1 précédemment, le portage fécal de SARS-CoV-2 a été décrit au tout début de la pandémie. (36) Une méta-analyse de 8 études a estimé que 40,5% (IC 95% : 27,4%-55,1%) des patients atteints de COVID-19 portaient de l'ARN viral de SARS-CoV-2 dans leurs selles. (37) Une étude a par ailleurs démontré une infectiosité prolongée dans le temps du virus présent dans les selles. (38) Sur la base de

Etablissements	Contexte d'entrée en chambre	Tablier plastique jetable	Surblouse à usage unique	Masque chirurgical	Masque FFP2	Lunettes/visière de protection	Gants à usage unique	Exemples
Etablissements de santé (Médecine, Chirurgie, Obstétrique, SSR)	Sans contact avec le patient <i>Précautions standard et gouttelettes</i>	✗	✗	✓	✗	✗	✗	Distribution des repas, Distribution des médicaments... Consultation sans contact physique... Brancardage sans manutention
	Avec contact mais SANS risque d'exposition aux liquides biologiques <i>Précautions standard, contact et gouttelettes</i>	✓	✗	✓	✗	✓	✗	Lever, mise au fauteuil, Retournement, Prise des constantes... Brancardage avec manutention
	Avec contact ET risque d'exposition aux liquides biologiques <i>Précautions standard, contact et gouttelettes</i>	✓	✗*	✓	✗	✓	✓	Toilette, change, Prise de sang, pansements plaie et dispositifs invasifs
	Procédures à risque d'aérosolisation*** <i>Précautions standard, contact + aérosolisation</i>	✗**	✓	✗	✓	✓	✓	Secteur de réanimation, Soins intensifs dédié COVID

Figure 2. Équipements de protection individuelle recommandés pour la prise en charge de patients suspect/confirmé COVID-19.

*Une surblouse à manche longue jetable sera portée dans le cadre d'une exposition massive aux liquides biologiques (ex: diarrhée, vomissements, hémoptysie...)

** Tablier plastique si surblouse non imperméable

*** Procédures à risque d'aérosolisation: cf Tableau 1

Une protection des cheveux peut éventuellement être envisagée par le port d'une charlotte (Cheveux longs attachés).

ces éléments, la théorie de transmission par les bio-aérosols créé par les chasses d'eau des toilettes, a été émise. Les données actuellement disponibles, compte tenu de la rareté du virus vivant dans les selles, indiquent que cette voie de transmission semble très peu probable, sauf dans des circonstances inhabituelles, comme celle identifiées pour le SARS-CoV-1.(39)

Quelles conséquences sur la stratégie de prévention ?

Le bon usage des équipements de protection individuelle est indispensable pour limiter la transmission croisée et l'auto-contamination.(40,41) (Fig. 2) Deux types de dispositifs de protection respiratoire sont recommandés en milieu de soins : les **masques chirurgicaux** (masques à « usage médical ») et les **masques FFP2** (« appareils de protection respiratoire »).

Les masques chirurgicaux ont la capacité de prévenir la **projection des gouttelettes**. Ils jouent un rôle majeur pour prévenir la contamination de l'entourage et de l'environnement quand ils sont portés par des personnes malades. Lorsqu'ils sont portés par les soignants, ils les protègent de la projection de gouttelettes sur les muqueuses du nez et de la bouche, en complément des lunettes de sécurité qui protègent les muqueuses oculaires. Leur efficacité de filtration est supérieure à 95% (>98% pour les masques de type II utilisés à l'hôpital) pour des particules de 0,65 à 7 µm (norme NF EN 14683:2019). Là où il a été instauré, le port universel de masques chirurgicaux chez les professionnels de santé et les patients a été suivi d'une **diminution des contaminations par le SARS-CoV-2 en milieu de soins** (42). Le port de masque chirurgical est également recommandé par les patients/résidents qui sortent de leur chambre quel que soit leur statut infectieux, et pour les patients/résidents suspects ou confirmés Covid-19 positifs dès l'entrée dans leur chambre d'un professionnel de santé ou un visiteur.

Les masques FFP2 sont conçus pour **filtrer des particules de plus petite taille**, de 0,02 à 2 µm mais surtout **minimiser la fuite au visage**. Leur efficacité de filtration est supérieure à 94%. Aucune étude, y compris de haut niveau méthodologique, n'a trouvé de supériorité, ni même de tendance, en faveur de l'utilisation d'un masque

FFP2 par rapport au masque chirurgical pour la prévention de la grippe saisonnière ou des coronavirus (46–49). Les recommandations nationales (France, Grande Bretagne, Etats Unis, Hong Kong, Singapour) et internationales (OMS) recommandent le port du **masque chirurgical pour la majorité des soins**, et du masque FFP2 dans les situations à risque d'aérosolisation. La méconnaissance par les soignants des règles garantissant l'efficacité des masques FFP2 nécessite une formation à l'utilisation de ces masques (45). Les masques grand public n'ont pas une capacité de filtration suffisante pour recommander leur utilisation en secteur de soins (50).

Les indications du port de gants à usage unique lors de soins sont limitées : au risque de contact avec du sang ou des liquides biologiques, au contact avec une muqueuse, au contact avec la peau lésée, dès lors que les professionnels de santé présentent des lésions cutanées aux mains. Le port inadapté de gants à usage unique par les professionnels de santé réduit le recours à la désinfection des mains, contribue à augmenter les risques d'autocontamination, de transmission croisée et de contamination de l'environnement. L'utilisation des équipements de protection individuelle doit être impérativement associée à une observance stricte de l'hygiène des mains.

Conclusion

Au début de la pandémie COVID-19, les incertitudes initiales sur la transmission, parfois alimentées par des campagnes de désinformation ou de surinterprétation des études in vitro, ont conduit naturellement à la peur et la méfiance parmi les professionnels de santé et le grand public. Des progrès remarquables ont été obtenus dans notre compréhension de la transmission de ce virus et la réduction de sa propagation. La prise en compte du risque majeur des formes asymptomatiques par des mesures de prévention universelles est une de ces avancées.

Les preuves accumulées suggèrent que la grande majorité des transmissions de COVID-19 se produit par contact direct de personne à personne à courte distance, par l'intermédiaire des gouttelettes. La transmission

aéroportée par les aérosols peut se produire dans des circonstances particulières dites « opportunistes », notamment lors de procédures médicales sur la sphère respiratoire de patients infectés. L'hygiène des mains est un pilier de la prévention des infections associées aux soins et plus spécifiquement la COVID-19, son observance doit être impérativement améliorée.

Références

- World Health Organisation. Coronavirus disease (COVID-2019) situation reports [Internet]. Available from: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>
- Lv M, Luo X, Estill J, Liu Y, Ren M, Wang J, et al. Coronavirus disease (COVID-19): a scoping review. *Eurosurveillance* [Internet]. 2020 Apr 16 [cited 2020 Nov 24];25(15). Available from: <https://www.eurosurveillance.org/content/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.15.2000125>
- Wei J, Li Y. Airborne spread of infectious agents in the indoor environment. *Am J Infect Control*. 2016 02;44(9 Suppl):S102-108.
- Nicas M, Best D. A study quantifying the hand-to-face contact rate and its potential application to predicting respiratory tract infection. *J Occup Environ Hyg*. 2008 Jun;5(6):347-52.
- Madewell ZJ, Yang Y, Longini IM, Halloran ME, Dean NE. Household transmission of SARS-CoV-2: a systematic review and meta-analysis of secondary attack rate [Internet]. *Infectious Diseases (except HIV/AIDS); 2020 Aug* [cited 2020 Nov 24]. Available from: <http://medrxiv.org/lookup/doi/10.1101/2020.07.29.20164590>
- Paireau J, Mailles A, Eisenauher C, de Laval F, Delon F, Bosetti P, et al. Early chains of transmission of COVID-19 in France [Internet]. *Epidemiology*; 2020 Nov [cited 2020 Nov 24]. Available from: <http://medrxiv.org/lookup/doi/10.1101/2020.11.17.20232264>
- Petersen E, Koopmans M, Go U, Hamer DH, Petrosillo N, Castelli F, et al. Comparing SARS-CoV-2 with SARS-CoV and influenza pandemics. *Lancet Infect Dis*. 2020;20(9):e238-44.
- Musher DM. How contagious are common respiratory tract infections? *N Engl J Med*. 2003 Mar 27;348(13):1256-66.
- Furukawa NW, Brooks JT, Sobel J. Evidence Supporting Transmission of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 While Presymptomatic or Asymptomatic. *Emerg Infect Dis*. 2020 Jul;26(7).
- Cevik M, Tate M, Lloyd O, Maraolo AE, Schafers J, Ho A. SARS-CoV-2, SARS-CoV, and MERS-CoV viral load dynamics, duration of viral shedding, and infectiousness: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Microbe*. 2020 Nov;S2666524720301725.
- Chang S, Pierson E, Koh PW, Gerardin J, Redbird B, Grusky D, et al. Mobility network models of COVID-19 explain inequities and inform reopening. *Nature* [Internet]. 2020 Nov 10 [cited 2020 Nov 30]; Available from: <http://www.nature.com/articles/s41586-020-2923-3>
- Meyerowitz EA, Richterman A, Gandhi RT, Sax PE. Transmission of SARS-CoV-2: A Review of Viral, Host, and Environmental Factors. *Ann Intern Med*. 2020 Sep 17;M20-5008.
- van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med*. 2020 16;382(16):1564-7.
- Fears AC, Klimstra WB, Duprex P, Hartman A, Weaver SC, Plante KS, et al. Persistence of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 in Aerosol Suspensions. *Emerg Infect Dis*. 2020;26(9).
- Bourouiba L. Turbulent Gas Clouds and Respiratory Pathogen Emissions: Potential Implications for Reducing Transmission of COVID-19. *JAMA*. 2020 Mar 26;
- Morawska L, Milton DK. It is Time to Address Airborne Transmission of COVID-19. *Clin Infect Dis*. 2020 Jul 6;ciaa939.
- Jones NR, Qureshi ZU, Temple RJ, Larwood JPI, Greenhalgh T, Bourouiba L. Two metres or one: what is the evidence for physical distancing in covid-19? *BMJ*. 2020 Aug 25;m3223.
- Roy CJ, Milton DK. Airborne transmission of communicable infection--the elusive pathway. *N Engl J Med*. 2004 Apr 22;350(17):1710-2.
- Yu IT, Xie ZH, Tsoi KK, Chiu YL, Lok SW, Tang XP, et al. Why did outbreaks of severe acute respiratory syndrome occur in some hospital wards but not in others? *Clin Infect Dis Off Publ Infect Dis Soc Am*. 2007 Apr 15;44(8):1017-25.
- Tran K, Cimon K, Severn M, Pessoa-Silva CL, Conly J. Aerosol generating procedures and risk of transmission of acute respiratory infections to healthcare workers: a systematic review. *PLoS One*. 2012;7(4):e35797.
- Eyre DW, Lumley SF, O'Donnell D, Campbell M, Sims E, Lawson E, et al. Differential occupational risks to healthcare workers from SARS-CoV-2 observed during a prospective observational study. *eLife*. 2020 Aug 21;9:e60675.
- Feldman O, Meir M, Shavit D, Idelman R, Shavit I. Exposure to a Surrogate Measure of Contamination From Simulated Patients by Emergency Department Personnel Wearing Personal Protective Equipment. *JAMA*. 2020 May 26;323(20):2091.
- Iwashyna TJ, Boehman A, Capelcelatro J, Cohn AM, Cooke JM, Costa DK, et al. Variation in Aerosol Production Across Oxygen Delivery Devices in Spontaneously Breathing Human Subjects [Internet]. *Intensive Care and Critical Care Medicine*; 2020 Apr [cited 2020 Nov 27]. Available from: <http://medrxiv.org/lookup/doi/10.1101/2020.04.15.20066688>
- Leung CCH, Joynt GM, Gomersall CD, Wong WT, Lee A, Ling L, et al. Comparison of high-flow nasal cannula versus oxygen face mask for environmental bacterial contamination in critically ill pneumonia patients: a randomized controlled crossover trial. *J Hosp Infect*. 2019 Jan;101(1):84-7.
- Haut Conseil de la Santé Publique. Masques dans le cadre de la lutte contre la propagation du virus SARS-CoV-2 [Internet]. Available from: <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=943>
- Birgand G, Peiffer-Smadja N, Fournier S, Kerneis S, Lescure FX, Lucet J-C. Airborne contamination of COVID-19 in hospitals: a scoping review of the current evidence. [Internet]. *Infectious Diseases (except HIV/AIDS); 2020 Sep* [cited 2020 Sep 10]. Available from: <http://medrxiv.org/lookup/doi/10.1101/2020.09.09.20191213>
- Chagla Z, Hota S, Khan S, Mertz D, International Hospital and Community Epidemiology Group. Airborne Transmission of COVID-19. *Clin Infect Dis*. 2020 Aug 11;ciaa1118.
- World Health Organisation. Infection prevention

- and control during health care when COVID-19 is suspected [Internet]. 2020. Available from: [https://www.who.int/publications-detail/infection-prevention-and-control-during-health-care-when-novel-coronavirus-\(ncov\)-infection-is-suspected-20200125](https://www.who.int/publications-detail/infection-prevention-and-control-during-health-care-when-novel-coronavirus-(ncov)-infection-is-suspected-20200125)
29. Kampf G, Lemmen S, Suchoamel M. Ct values and infectivity of SARS-CoV-2 on surfaces. *Lancet Infect Dis*. 2020 Nov;S1473309920308835.
30. Ahn JY, An S, Sohn Y, Cho Y, Hyun JH, Baek YJ, et al. Environmental contamination in the isolation rooms of COVID-19 patients with severe pneumonia requiring mechanical ventilation or high-flow oxygen therapy. *J Hosp Infect*. 2020 Aug 21;
31. Dockery D.M., Rowe S.G., Murphy M.A., Krzystolik M.G. The Ocular Manifestations and Transmission of COVID-19: Recommendations for Prevention. *J Emerg Med* [Internet]. 2020;((Dockery, Murphy, Krzystolik) Department of Ophthalmology, Warren Alpert Medical School of Brown University, Providence, RI, United States). Available from: <http://www.elsevier.com/locate/jemermed>
32. Chu DK, Akl EA, Duda S, Solo K, Yaacoub S, Schünemann HJ, et al. Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet*. 2020 Jun;395(10242):1973–87.
33. Chen Y-J, Qin G, Chen J, Xu J-L, Feng D-Y, Wu X-Y, et al. Comparison of Face-Touching Behaviors Before and During the Coronavirus Disease 2019 Pandemic. *JAMA Netw Open*. 2020 Jul 29;3(7):e2016924.
34. Saunders-Hastings P, Crispo JAG, Sikora L, Krewski D. Effectiveness of personal protective measures in reducing pandemic influenza transmission: A systematic review and meta-analysis. *Epidemics*. 2017;20:1–20.
35. Ran L, Chen X, Wang Y, Wu W, Zhang L, Tan X. Risk Factors of Healthcare Workers With Coronavirus Disease 2019: A Retrospective Cohort Study in a Designated Hospital of Wuhan in China. *Clin Infect Dis*. 2020 Nov 19;71(16):2218–21.
36. Wu Y, Guo C, Tang L, Hong Z, Zhou J, Dong X, et al. Prolonged presence of SARS-CoV-2 viral RNA in faecal samples. *Lancet Gastroenterol Hepatol*. 2020 May;5(5):434–5.
37. Parasa S, Desai M, Thoguluva Chandrasekar V, Patel HK, Kennedy KF, Roesch T, et al. Prevalence of Gastrointestinal Symptoms and Fecal Viral Shedding in Patients With Coronavirus Disease 2019: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Netw Open*. 2020 01;3(6):e2011335.
38. Jeong HW, Kim S-M, Kim H-S, Kim Y-I, Kim JH, Cho JY, et al. Viable SARS-CoV-2 in various specimens from COVID-19 patients. *Clin Microbiol Infect*. 2020 Nov;26(11):1520–4.
39. Yu ITS, Li Y, Wong TW, Tam W, Chan AT, Lee JHW, et al. Evidence of airborne transmission of the severe acute respiratory syndrome virus. *N Engl J Med*. 2004 Apr 22;350(17):1731–9.
40. Société Française d'Hygiène Hospitalière. AVIS relatif aux mesures de prévention et contrôle de l'infection dans le contexte de la pandémie COVID-19 dans tous les secteurs de soins [Internet]. 2020. Available from: https://www.sf2h.net/wp-content/uploads/2020/12/Avis-SF2H-PS-en-contexte-COVID-19_Nov2020.pdf
41. Société Française d'Hygiène Hospitalière. Recommandations de la SF2H relatives à l'organisation du parcours des patients, à la protection des patients et des personnels à l'heure du déconfinement et de la reprise de l'activité médico-chirurgicale non COVID-19 en milieu de soins [Internet]. 2020. Available from: <https://www.sf2h.net/wp-content/uploads/2020/02/Avis-SF2H-Soins-et-Deconfinement-VF-du-12-mai.pdf>
42. Wang X, Ferro EG, Zhou G, Hashimoto D, Bhatt DL. Association Between Universal Masking in a Health Care System and SARS-CoV-2 Positivity Among Health Care Workers. *JAMA*. 2020 Jul 14;
43. Contejean A, Leporrier J, Canoui E, Alby-Laurent F, Lafont E, Beaudeau L, et al. Comparing dynamics and determinants of SARS-CoV-2 transmissions among health care workers of adult and pediatric settings in central Paris. *Clin Infect Dis*. 2020;
44. Conly J, Seto WH, Pittet D, Holmes A, Chu M, Hunter PR, et al. Use of medical face masks versus particulate respirators as a component of personal protective equipment for health care workers in the context of the COVID-19 pandemic. *Antimicrob Resist Infect Control*. 2020 06;9(1):126.
45. Wilkinson IJ, Pisaniello D, Ahmad J, Edwards S. Evaluation of a large-scale quantitative respirator-fit testing program for healthcare workers: survey results. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2010 Sep;31(9):918–25.
46. Bartoszko JJ, Farooqi MAM, Alhazzani W, Loeb M. Medical masks vs N95 respirators for preventing COVID-19 in healthcare workers: A systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Influenza Other Respir Viruses*. 2020;14(4):365–73.
47. Offeddu V, Yung CF, Low MSF, Tam CC. Effectiveness of Masks and Respirators Against Respiratory Infections in Healthcare Workers: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clin Infect Dis Off Publ Infect Dis Soc Am*. 2017 Nov 13;65(11):1934–42.
48. Jefferson T, Del Mar C, Dooley L, Ferroni E, Al-Ansary LA, Bawazeer GA, et al. Physical interventions to interrupt or reduce the spread of respiratory viruses: systematic review. *BMJ*. 2009 Sep 21;339:b3675.
49. Radonovich LJ, Simberkoff MS, Bessesen MT, Brown AC, Cummings DAT, Gaydos CA, et al. N95 Respirators vs Medical Masks for Preventing Influenza Among Health Care Personnel: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2019 03;322(9):824–33.
50. Sharma SK, Mishra M, Mudgal SK. Efficacy of cloth face mask in prevention of novel coronavirus infection transmission: A systematic review and meta-analysis. *J Educ Health Promot*. 2020;9:192.

- Publications présentant un intérêt particulier